

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-331038

(P2000-331038A)

(43) 公開日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 6 F 17/50

識別記号

F I

G 0 6 F 15/60

テ-マコ-ト* (参考)

6 5 8 J 5 B 0 4 6

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平11-142242

(22) 出願日

平成11年 5 月21日 (1999. 5. 21)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 粟島 亨

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100088890

弁理士 河原 純一

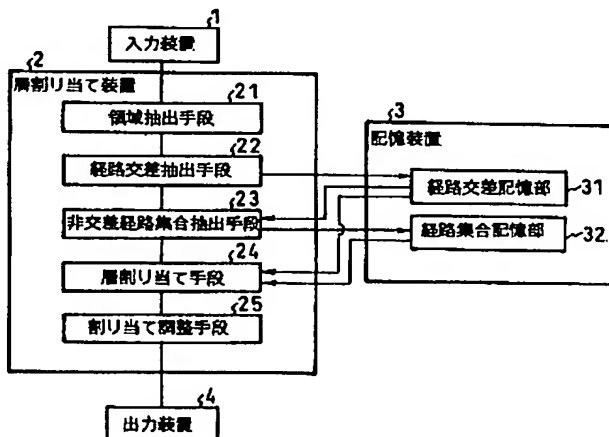
Fターム(参考) 5B046 BA06

(54) 【発明の名称】 概略配線経路層割り当て方式

(57) 【要約】

【課題】 集積回路やプリント基板の多層配線設計において、ビア数の予測を正確に行うことを可能とし、詳細配線時に必要となるビア数の最小化を図る。

【解決手段】 経路交差抽出手段 22 は、領域抽出手段 21 により選択された領域内に存在する概略配線経路の交差を示す交差情報を抽出する。非交差経路集合抽出手段 23 は、交差情報を参照して当該領域内の概略配線経路の集合から配線層数以下の数の非交差経路集合を分類・抽出し、いずれの非交差経路集合にも属さない概略配線経路については残余経路集合の要素として抽出する。層割り当て手段 24 は、交差情報ならびに非交差経路集合および残余経路集合を参照して当該領域に関する詳細配線のための層割り当てを行う。割り当て調整手段 25 は、層割り当て手段 24 による層割り当てが実行可能であるか否かを判定し、「実行不能」と判定した場合には当該層割り当ての調整を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 粗格子分割に基づく概略配線結果から処理対象の領域を選択し当該領域内を通過する概略配線経路の情報を抽出する領域抽出手段と、前記領域抽出手段によって選択された処理対象の領域内に存在する概略配線経路の交差を示す交差情報を抽出する経路交差抽出手段と、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報を参照して処理対象の領域内の概略配線経路の集合から配線層数以下の数の非交差経路集合を分類・抽出し、いずれの非交差経路集合にも属さない概略配線経路については残余経路集合の要素として抽出する非交差経路集合抽出手段と、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報ならびに前記非交差経路集合抽出手段によって抽出された非交差経路集合および残余経路集合を示す情報を参照して処理対象の領域に関する詳細配線のための層割り当てを行う層割り当て手段と、前記層割り当て手段によって行われた層割り当てが実行可能であるか否かを判定し、「実行不能」と判定した場合には当該層割り当ての調整を行う割り当て調整手段とを備えたことを特徴とする概略配線経路層割り当て方式。

【請求項 2】 粗格子分割に基づく概略配線結果から処理対象の領域を選択し当該領域内を通過する概略配線経路の情報を抽出する領域抽出手段と、前記領域抽出手段によって抽出された概略配線経路の情報に基づいて前記領域抽出手段によって選択された処理対象の領域内に存在する概略配線経路の交差を示す交差情報を抽出する経路交差抽出手段と、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報を参照して処理対象の領域内の概略配線経路の集合から配線層数以下の数の非交差経路集合を分類・抽出し、当該抽出の際に当該非交差経路集合の要素数を最大化し、いずれの非交差経路集合にも属さない概略配線経路については残余経路集合の要素として抽出する非交差経路集合抽出手段と、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報ならびに前記非交差経路集合抽出手段によって抽出された非交差経路集合および残余経路集合を示す情報を参照して、各非交差経路集合をそれぞれ異なる層に割り当て、残余経路集合に含まれる各概略配線経路については順次 1 つのビアしか要しない割り当てを行うことにより、処理対象の領域に関する詳細配線のための層割り当てを行う層割り当て手段と、前記層割り当て手段によって行われた層割り当てが実行可能であるか否かを判定し、「実行不能」と判定した場合には当該層割り当ての調整 1 回あたりに必要となるビア数を高々 1 つに抑えるような層割り当ての調整を行う割り当て調整手段とを備えたことを特徴とする概略配線経路層割り当て方式。

【請求項 3】 領域境界の境界容量を判断基準として層割り当ての実行可能性の判定を行い、当該判定において「実行不能」と判定した場合には領域境界の境界容量に基づいて仮想端子を異なる層に移動することにより層割

り当ての調整を行う割り当て調整手段を有することを特徴とする請求項 2 記載の概略配線経路層割り当て方式。

【請求項 4】 領域抽出手段に与えられる粗格子分割に基づく概略配線結果を入力する入力装置と、経路交差抽出手段によって抽出された交差情報を記憶する経路交差記憶部ならびに非交差経路集合抽出手段によって抽出された非交差経路集合および残余経路集合を示す情報を記憶する経路集合記憶部を備える記憶装置と、割り当て調整手段によって実行可能性の判定や調整が行われた層割り当ての結果を出力する出力装置とを有することを特徴とする請求項 1、請求項 2、または請求項 3 記載の概略配線経路層割り当て方式。

【請求項 5】 コンピュータを、粗格子分割に基づく概略配線結果から処理対象の領域を選択し当該領域内を通過する概略配線経路の情報を抽出する領域抽出手段、前記領域抽出手段によって選択された処理対象の領域内に存在する概略配線経路の交差を示す交差情報を抽出する経路交差抽出手段、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報を参照して処理対象の領域内の概略配線経路の集合から配線層数以下の数の非交差経路集合を分類・抽出し、いずれの非交差経路集合にも属さない概略配線経路については残余経路集合の要素として抽出する非交差経路集合抽出手段、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報ならびに前記非交差経路集合抽出手段によって抽出された非交差経路集合および残余経路集合を示す情報を参照して処理対象の領域に関する詳細配線のための層割り当てを行う層割り当て手段、ならびに前記層割り当て手段によって行われた層割り当てが実行可能であるか否かを判定し、「実行不能」と判定した場合には当該層割り当ての調整を行う割り当て調整手段として機能させるためのプログラムを記録した記録媒体。

【請求項 6】 コンピュータを、粗格子分割に基づく概略配線結果から処理対象の領域を選択し当該領域内を通過する概略配線経路の情報を抽出する領域抽出手段、前記領域抽出手段によって抽出された概略配線経路の情報に基づいて前記領域抽出手段によって選択された処理対象の領域内に存在する概略配線経路の交差を示す交差情報を抽出する経路交差抽出手段、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報を参照して処理対象の領域内の概略配線経路の集合から配線層数以下の数の非交差経路集合を分類・抽出し、当該抽出の際に当該非交差経路集合の要素数を最大化し、いずれの非交差経路集合にも属さない概略配線経路については残余経路集合の要素として抽出する非交差経路集合抽出手段、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報ならびに前記非交差経路集合抽出手段によって抽出された非交差経路集合および残余経路集合を示す情報を参照して、各非交差経路集合をそれぞれ異なる層に割り当て、残余経路集合に含まれる各概略配線経路については順次 1 つのビアしか

3

要しない割り当てを行うことにより、処理対象の領域に関する詳細配線のための層割り当てを行う層割り当て手段、ならびに前記層割り当て手段によって行われた層割り当てが実行可能であるか否かを判定し、「実行不能」と判定した場合には当該層割り当ての調整 1 回あたりに必要となるビア数を高々 1 つに抑えるような層割り当ての調整を行う割り当て調整手段として機能させるためのプログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、集積回路およびプリント基板の自動配線設計において、概略配線経路の層割り当て（詳細配線のための層割り当て）を行う概略配線経路層割り当て方式に関する。

【0002】

【従来の技術】集積回路およびプリント基板の自動配線設計においては、粗格子分割に基づいた概略配線方式が広く用いられている。

【0003】図 3 に、粗格子分割に基づく概略配線の概念図を示している。図 3 中で、符号の 5 は概略格子を表し、6 は領域を表し、7 は概略配線経路を表し、8 は端子を表し、9 は仮想端子を表している。ここで、「仮想端子」とは、領域の境界を通過する概略配線経路の通過点を表現するために導入された仮想的な端子をいい、粗格子分割に基づいた概略配線方式で広く用いられている概念である。

【0004】粗格子分割に基づく概略配線方式が利用された従来技術の一例が、特許第 2836516 号公報に記載されている。

【0005】この公報に記載された従来技術（自動配線方式）は、配線領域分割手段と、仮想端子生成手段と、整列規則抽出手段と、仮想端子整列手段と、仮想端子割り当て手段とから構成されている。

【0006】このような構成を有する当該従来技術の動作上の特徴は、整列規則抽出手段と、仮想端子整列手段と、仮想端子割り当て手段とによって、概略配線経路の分割領域内交差数を可能な限り削減するような仮想端子割り当てを実現する点にある。これは、配線経路の交差数と詳細配線設計時に必要となるビア（スルーホール）の数とに相関があるという直観に基づいている。

【0007】つまり、当該従来技術は、概略配線経路の交差数を削減することで、詳細配線設計時のビアの発生を抑え、詳細配線設計の容易性を高めることを意図したものである。

【0008】ここで、「ビア（スルーホール）」とは、集積回路やプリント基板において、異なる配線層間の電氣的接続を実現する配線構造のことをいう。

【0009】しかしながら、当該従来技術を含む従来の自動配線設計に関する技術では、概略配線経路を詳細配線のために適切な層に割り当てる層割り当ては行われて

4

いなかった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来の自動配線設計に関する技術では、層割り当てが行われていなかったもので、以下に示すような問題点が生じていた。

【0011】第 1 の問題点は、2 層以上、特に 3 層以上の多層配線に十分に対応できないということである。

【0012】このような問題点が生じる理由は、2 層縦横原則に従う配線のように自明な場合を除き、配線経路の層割り当てには自由度があり、特に 3 層以上の多層配線の場合には、適切な考慮がなされた層割り当てなしに最適な詳細配線を得ることが困難となるからである。

【0013】第 2 の問題点は、概略配線経路の交差数によるビア数の見積もり（詳細配線の実行前の段階におけるビア数の予測）を正確に行うことができないということである。

【0014】このような問題点が生じる理由は、領域内で交差している概略配線経路の当該交差数を認識できたとしても、仮想端子の割り当て層をどのようにするかによって詳細配線が必要となるビア数に自由度が存在するためである。

【0015】本発明の目的は、上述の点に鑑み、集積回路やプリント基板の多層配線設計において、必要なビア数の予測を概略配線経路の交差数から正確に行うことを可能とし、そのビア数を削減すること（詳細配線時に必要となるビア数を最小化するための概略配線経路の層割り当てを実現すること）ができる概略配線経路層割り当て方式を提供することにある。

【0016】なお、ビアに関する従来技術についての特許公報としては、特許第 2522420 号公報がある。しかし、当該公報に記載された技術（自動配線設計装置）は、既配線を移動し新配線を挿入する自動配線設計装置における「ビアホールの移動」について考察したものであり、本発明とは着眼点や構成を異にするものである。したがって、当該従来技術自体からはもちろん、当該従来技術と上記の特許第 2836516 号公報に記載された従来技術とを組み合わせたとしても、本発明に想到できるものではない。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明の概略配線経路層割り当て方式は、粗格子分割に基づく概略配線結果から処理対象の領域を選択し当該領域内を通過する概略配線経路の情報を抽出する領域抽出手段と、前記領域抽出手段によって抽出された概略配線経路の情報に基づいて前記領域抽出手段によって選択された処理対象の領域内に存在する概略配線経路の交差を示す交差情報を抽出する経路交差抽出手段と、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報を参照して処理対象の領域内の概略配線経路の集合から配線層数以下の数の非交差経路集合を

分類・抽出し、当該抽出の際に当該非交差経路集合の要素数を最大化し、いずれの非交差経路集合にも属さない概略配線経路については残余経路集合の要素として抽出する非交差経路集合抽出手段と、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報ならびに前記非交差経路集合抽出手段によって抽出された非交差経路集合および残余経路集合を示す情報を参照して、各非交差経路集合をそれぞれ異なる層に割り当て、残余経路集合に含まれる各概略配線経路については順次 1 つのピアしか要しない割り当てを行うことにより、処理対象の領域に関する詳細配線のための層割り当てを行う層割り当て手段と、前記層割り当て手段によって行われた層割り当てが実行可能であるか否かを判定し、「実行不能」と判定した場合には当該層割り当ての調整 1 回あたりに必要となるピア数を高々 1 つに抑えるような層割り当ての調整を行う割り当て調整手段とを有する。

【0018】なお、より一般的には、本発明の概略配線経路層割り当て方式は、粗格子分割に基づく概略配線結果から処理対象の領域を選択し当該領域内を通過する概略配線経路の情報を抽出する領域抽出手段と、前記領域抽出手段によって選択された処理対象の領域内に存在する概略配線経路の交差を示す交差情報を抽出する経路交差抽出手段と、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報を参照して処理対象の領域内の概略配線経路の集合から配線層数以下の数の非交差経路集合を分類・抽出し、いずれの非交差経路集合にも属さない概略配線経路については残余経路集合の要素として抽出する非交差経路集合抽出手段と、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報ならびに前記非交差経路集合抽出手段によって抽出された非交差経路集合および残余経路集合を示す情報を参照して処理対象の領域に関する詳細配線のための層割り当てを行う層割り当て手段と、前記層割り当て手段によって行われた層割り当てが実行可能であるか否かを判定し、「実行不能」と判定した場合には当該層割り当ての調整を行う割り当て調整手段とを有すると表現することができる。

【0019】また、このような概略配線経路層割り当て方式は、コンピュータを、粗格子分割に基づく概略配線結果から処理対象の領域を選択し当該領域内を通過する概略配線経路の情報を抽出する領域抽出手段、前記領域抽出手段によって選択された処理対象の領域内に存在する概略配線経路の交差を示す交差情報を抽出する経路交差抽出手段、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報を参照して処理対象の領域内の概略配線経路の集合から配線層数以下の数の非交差経路集合を分類・抽出し、いずれの非交差経路集合にも属さない概略配線経路については残余経路集合の要素として抽出する非交差経路集合抽出手段、前記経路交差抽出手段によって抽出された交差情報ならびに前記非交差経路集合抽出手段によって抽出された非交差経路集合および残余経路集合を

示す情報を参照して処理対象の領域に関する詳細配線のための層割り当てを行う層割り当て手段、ならびに前記層割り当て手段によって行われた層割り当てが実行可能であるか否かを判定し、「実行不能」と判定した場合には当該層割り当ての調整を行う割り当て調整手段として機能させるためのプログラムを記録した記録媒体として実現することも可能である。

【0020】

【発明の実施の形態】次に、本発明について図面を参照して詳細に説明する。

【0021】(1) 第 1 の実施の形態

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式の構成を示すブロック図である。

【0022】図 1 を参照すると、本実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式は、キーボードやディスク等によって実現される入力装置 1 と、プログラム制御により動作する層割り当て装置 2 と、各種情報を記憶する記憶装置 3 と、ディスプレイやディスク等によって実現される出力装置 4 とを含んで構成されている。

【0023】層割り当て装置 2 は、領域抽出手段 2 1 と、経路交差抽出手段 2 2 と、非交差経路集合抽出手段 2 3 と、層割り当て手段 2 4 と、割り当て調整手段 2 5 とを備えている。なお、層割り当て装置 2 の入力となるのは、入力装置 1 により入力された粗格子分割に基づく概略配線結果である。

【0024】記憶装置 3 は、経路交差記憶部 3 1 と、経路集合記憶部 3 2 とを備えている。

【0025】図 2 は、本実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式の処理を示す流れ図である。この処理は、領域選択・概略配線経路情報抽出ステップ A 1 と、概略配線経路交差抽出・交差情報記憶ステップ A 2 と、非交差経路集合および残余経路集合分類・記憶ステップ A 3 と、層割り当てステップ A 4 と、実行可能性判定ステップ A 5 と、層割り当て調整ステップ A 6 とからなる。

【0026】図 3 は、先に言及したように、概略配線の概念を示す図である。図 3 中には、概略格子 5 と、領域 6 と、概略配線経路 7 と、端子 8 と、仮想端子 9 とが表されている。

【0027】図 4 ～ 図 12 は、本実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式の具体的な動作を説明するための図である。

【0028】次に、上記のように構成された本実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式の動作を説明する。

【0029】第 1 に、層割り当て装置 2 内の各手段の動作について説明する。

【0030】領域抽出手段 2 1 は、入力装置 1 により与えられた概略配線結果（粗格子分割に基づく概略配線の結果）から適切な基準に従って処理対象となる領域を選

択（抽出）し、選択した領域（処理対象の領域）内を通過する概略配線経路の情報（概略配線経路情報）を抽出する。ここで、上記の「適切な基準」とは、発見的または経験的な基準であり、例えば未処理の領域の中から次の a や b に示すような領域を優先的に選択する基準が考えられる（いずれも、層割り当ての自由度が低い困難な領域から先に処理しようとするものである）。

a. 領域内の概略配線経路数の最も多い領域

b. 非交差経路集合の抽出を試行し、その試行において残余経路集合の要素数が最も多い領域

【0031】経路交差抽出手段 22 は、領域抽出手段 21 で抽出された概略配線経路の情報（領域抽出手段 21 によって選択された領域に関する概略配線経路の情報）の走査（検索）を行い、当該領域内を通過する概略配線経路同士の交差を抽出し、この交差を示す交差情報を記憶装置 3 内の経路交差記憶部 31 に格納する。

【0032】図 4 に、領域（領域 R とする）内の概略配線経路の交差の例を示す。図 4 の例では、概略配線経路 n a と概略配線経路 n b とが領域 R 内で交差を生じている（a 1, a 2, b 1, および b 2 は仮想端子である）。

【0033】非交差経路集合抽出手段 23 は、経路交差抽出手段 22 によって経路交差記憶部 31 に格納された交差情報を走査し、処理対象の領域内の全概略配線経路をあらかじめ与えられた配線層数以下の数の非交差経路集合（互いに交差しない概略配線経路の集合）に分類する。もしこのような分類に該当しない概略配線経路が存在する場合には、そのような概略配線経路の集合を残余経路集合として抽出（分類）する。

【0034】後述するように、層割り当て装置 2 による層割り当ての結果の詳細配線において必要となるビア数は残余経路集合に含まれる概略配線経路数を下回ることではない。したがって、非交差経路集合抽出手段 23 の目的（目標）は、できるだけ多くの概略配線経路をいずれかの非交差経路集合に分類すること（非交差経路集合の要素数の最大化）になる。

【0035】さらに、非交差経路集合抽出手段 23 は、非交差経路集合と残余経路集合とをともに記憶装置 3 内の経路集合記憶部 32 に格納する。

【0036】例えば、図 8 に示すような領域（6 本の概略配線経路 n a, n b, n c, n d, n e, および n f が通過している領域 R）に対して配線層数を 2 として非交差経路集合が抽出される場合には、得られる非交差経路集合は図 9 および図 10 に示すような概略配線経路の集合（非交差経路集合 {n c, n f} および非交差経路集合 {n a, n b, n e}）となる。この場合の残余経路集合は、図 11 に示すようなもの（残余経路集合 {n d}）となる。

【0037】なお、層割り当て装置 2 は、領域抽出手段 21 によって選択された領域を順次処理していくため、

隣接領域（現時点における処理対象の領域と隣接する領域）がすでに処理済みの場合には、現時点における処理対象の領域と隣接領域との境界上に割り当て層の確定した仮想端子が存在することになる。したがって、非交差経路集合抽出手段 23 は、割り当て層の確定した仮想端子を固定した上で、上記のような非交差経路集合および残余経路集合の抽出を行う。

【0038】層割り当て手段 24 は、非交差経路集合抽出手段 23 により経路集合記憶部 32 に格納された情報を走査し（経路交差記憶部 31 内の交差情報も参照する）、まず、詳細配線のために各非交差経路集合をそれぞれ異なる適切な層に割り当てる。なお、この時点で、詳細配線時に必要となるビア数は 0 と予測される。

【0039】例えば、図 5 に、互いに交差する概略配線経路 n a と概略配線経路 n b とが通過する領域 R において、{n a} および {n b} がそれぞれ異なる非交差経路集合に該当する場合における、詳細配線例（ビアを用いずに各非交差経路集合を異なる層に割り当てて得られる詳細配線の一例）を示している（配線層数を 2 とする）。この場合には、層割り当て手段 24 は、非交差経路集合 {n a} を第 2 層に、非交差経路集合 {n b} を第 1 層に、それぞれ割り当てる。これにより、互いに交差する概略配線経路（n a および n b）であってもビアを用いずに詳細配線を行うことが可能になる。

【0040】層割り当て手段 24 は、次に、残余経路集合に含まれる各概略配線経路（残余経路集合の各要素）を順次取り出し、当該概略配線経路の両端の仮想端子が互いに異なる層となるように当該概略配線経路に関する層割り当てを行う。ここで、1 回の残余経路（残余経路集合に含まれる概略配線経路）の層割り当てあたり必要となるビア数は 1 である。

【0041】例えば、図 6 に、互いに交差する概略配線経路 n a と概略配線経路 n b とが通過する領域 R において、{n b} が非交差経路集合に該当し、{n a} が残余経路集合に該当する場合における、詳細配線例（ビアを 1 つ用いた詳細配線の一例）を示している（配線層数を 2 とする）。すなわち、この場合には、層割り当て手段 24 は、非交差経路集合 {n b} を第 1 層に割り当て、残余経路 n a（残余経路集合 {n a} の要素）の一方の仮想端子（n a 1 側の仮想端子）を第 1 層に、もう一方の仮想端子（n a 2 側の仮想端子）を第 2 層に割り当てる。これにより、概略配線経路 n a の詳細配線は、図 6 に示したように、第 1 層部の n a 1 と、ビア v 1 と、第 2 層部の n a 2 との接続により実現されることになる。この例からも、1 回の残余経路の層割り当てあたり必要となるビア数が 1 であることがわかる。

【0042】以上のように、層割り当て手段 24 の層割り当てにおいて必要となるビア数は、残余経路（残余経路集合の要素）の総数と同数になる。

【0043】なお、層割り当て装置 2 は、領域抽出手段

21によって選択された領域を順次処理していくため、隣接領域がすでに処理済みの場合には、現時点における処理対象の領域と隣接領域との境界上に割り当て層の確定した仮想端子が存在することになる。したがって、層割り当て手段24は、割り当て層の確定した仮想端子を固定した上で、上記のような層割り当てを行う。

【0044】割り当て調整手段25は、層割り当て手段24によって得られた概略配線経路の層割り当てが実行可能であるか否か（詳細配線における実行可能性）を判定する。ここで、「実行不能」と判定した場合には、層割り当ての適切な調整を行った後に再び当該判定を行う。一方、「実行可能」と判定した場合には、その層割り当て結果を出力装置4に出力し、現時点における処理対象の領域に対する概略配線経路の層割り当てを終了する。

【0045】ここで、上記の実行可能性の判定の内容としては、以下に示すようなもの（領域境界の境界容量を判断基準とした判定内容）が考えられる。なお、各層における領域境界においては、寸法的制約により、割り当て可能な仮想端子数の上限が決まっており、この上限を「境界容量」という。

【0046】すなわち、層割り当て手段24によって各層の領域境界に割り当てられた仮想端子数が境界容量以下であれば、その層割り当ては「実行可能」と判定される。一方、割り当てられた仮想端子数が境界容量を超過する場合には、「実行不能」と判定される。

【0047】また、上記の割り当ての調整の手順としては、以下のa～cに示すような手順（領域境界の境界容量に基づいて仮想端子を異なる層に移動することによる調整手順）が考えられる。

【0048】a. 全ての領域境界について順次着目し、各領域境界について境界容量の超過があるか否かを判定する。

【0049】b. 領域境界について境界容量の超過がない場合には、当該領域境界については「実行可能」と判定される。もし、当該領域境界において割り当てられた仮想端子数と境界容量とが等しい場合には、「割り当ては飽和している」とみなしてその割り当てを固定する。一方、境界容量の超過がある場合には、超過分の仮想端子を他の層の領域境界に移動することにより超過を解消する。ここで、移動先の領域境界は割り当てが固定されていない領域境界に限るものとする（これにより、仮想端子の移動によって新たな容量超過を生じないようにする）。

【0050】c. 割り当ての調整は、仮想端子数と境界容量とが等しくなった時点で終了し、当該領域境界の割り当てを固定する。ここで、仮想端子の割り当ての調整により新たに必要となるビア数は、1回の仮想端子の移動あたり高々（多くても）1である。

【0051】以上のような割り当て調整手段25の処理

を、図5、図6、および図7（ビアを2つ用いた詳細配線の一例を示す図）を用いて、具体的に説明する。

【0052】いま、もし仮想端子の移動（割り当て調整手段25の調整による移動）を適用する概略配線経路が、非交差経路集合に含まれている場合には、仮想端子の移動によって当該概略配線経路の状態は、図5のnaの状態から図6のna（na1, v1, およびna2）の状態に遷移し、必要なビア数は1だけ増加する。

【0053】一方、もし仮想端子の移動を適用する概略配線経路が、残余経路集合に含まれている場合には、仮想端子の移動によって当該概略配線経路の両端の仮想端子の割り当て層が同じになるときには、図6のna（na1, v1, およびna2）の状態から図7のnaの状態（同一層に属するna1およびna3ならびに異なる層に属するna2がビアのv1およびv2によって接続される状態）に遷移し、必要なビア数は1だけ増加する。また、この場合に、配線層数が3以上であり、仮想端子の移動後も当該概略配線経路の両端の仮想端子の割り当て層が異なるときには、図6のnaの状態のままで状態の遷移はなく（na1またはna2の属する層は変わることになるが）、したがって必要なビア数も増加しない。

【0054】このようにして、割り当て調整手段25の調整により新たに必要となるビア数は、高々、割り当て調整を適用された概略配線経路の数と同数になる。

【0055】層割り当て装置2による層割り当ての結果として生じるビア数についてまとめておくと、以下のaおよびbに示すようになる。

a. 非交差経路集合抽出手段23において抽出された残余経路集合の要素数を下回ることではない。

b. 割り当て調整手段25により割り当て調整を適用された概略配線経路が存在する場合には、高々、残余経路数と割り当て調整を適用された概略配線経路の数との和が必要なビア数となる。

【0056】第2に、図1および図2を参照して、本実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式の全体の動作について説明する。

【0057】まず、層割り当て装置2内の領域抽出手段21は、入力装置1により与えられた概略配線結果から適切な基準に従って処理対象となる領域を選択し、選択した領域内を通過する概略配線経路の情報を抽出する（図2のステップA1）。

【0058】次に、経路交差抽出手段22は、領域抽出手段21で選択された領域に関する概略配線経路の情報の走査を行い、当該領域内を通過する概略配線経路同士の交差を抽出し、この交差を示す交差情報を記憶装置3内の経路交差記憶部31に格納する（ステップA2）。

【0059】非交差経路集合抽出手段23は、経路交差抽出手段22によって経路交差記憶部31に格納された交差情報を走査し、処理対象の領域内の全概略配線経路

をあらかじめ与えられた配線層数以下の非交差経路集合に分類し、極力全ての概略配線経路を非交差経路集合に分類しようと試みた上でもなおこのような分類に該当しない概略配線経路が存在すれば、それらを残余経路集合の要素とし、非交差経路集合と残余経路集合とをともに記憶装置 3 内の非交差経路集合記憶部 32 に格納する (ステップ A3)。

【0060】さらに、層割り当て手段 24 は、非交差経路集合抽出手段 23 により経路集合記憶部 32 に格納された情報 (非交差経路集合および残余経路集合を示す情報) を走査し (経路交差記憶部 31 内の交差情報も参照する)、詳細配線のための層割り当てを行う (ステップ A4)。すなわち、第 1 に、各非交差経路集合をそれぞれ適切な層に割り当てる。第 2 に、残余経路集合に含まれる概略配線経路を順次取り出し、当該各概略配線経路の両端の仮想端子が互いに異なる層となるように (必要なビア数が 1 となるように)、当該各概略配線経路 (当該各概略配線経路の両端の仮想端子) を適切な層に割り当てる。

【0061】最後に、割り当て調整手段 25 は、層割り当て手段 24 によって得られた概略配線経路の層割り当てが実行可能であるかを判定する (ステップ A5)。

【0062】割り当て調整手段 25 は、ステップ A5 で「実行不能」とであると判定した場合には、層割り当ての適切な調整 (上述のような「領域境界の境界容量に基づく仮想端子の移動による調整」等) を行い (ステップ A6)、その調整後の層割り当てを対象として再びステップ A5 の判定を行う。

【0063】一方、割り当て調整手段 25 は、ステップ A5 で「実行可能」とであると判定した場合には、その層割り当ての結果を出力装置 4 に出力し (出力装置 4 は外部にその層割り当ての結果を出力する)、当該領域 (現時点における処理対象の領域) に対する概略配線経路の層割り当てを終了する。

【0064】なお、層割り当て装置 2 は、まだ未処理の領域があれば、あらためて図 2 の開始点に戻り、上記の一連の処理を反復する。

【0065】第 3 に、図 8～図 12 に示す例を用いて、本実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式の具体的な動作について説明する。

【0066】ここでは、図 8 に示すような、6 本の概略配線経路 n_a , n_b , n_c , n_d , n_e , および n_f が通過する領域 R を処理対象の領域として考える。

【0067】この場合には、経路交差抽出手段 22 により、領域 R 内の交差として、 $C(n_a, n_d)$, $C(n_a, n_c)$, $C(n_a, n_f)$, $C(n_b, n_c)$, $C(n_b, n_d)$, $C(n_b, n_f)$, $C(n_c, n_d)$, および $C(n_e, n_f)$ の 8 個が抽出される。ここで、例えば「 $C(n_a, n_d)$ 」は、概略配線経路 n

a と概略配線経路 n_d との交差 (Crossing) を示している。

【0068】次に、非交差経路集合抽出手段 23 により、上記の 8 個の交差を示す交差情報が走査され、全概略配線経路が図 9 に示すような第 1 の非交差経路集合、すなわち $\{n_c, n_f\}$ と、図 10 に示すような第 2 の非交差経路集合、すなわち $\{n_a, n_b, n_e\}$ と、図 11 に示すような残余経路集合、すなわち $\{n_d\}$ とに分類される。

【0069】ここで、配線層数が 2 であるとする、層割り当て手段 24 により、第 1 の非交差経路集合 $\{n_c, n_f\}$ が第 1 層に割り当てられ、第 2 の非交差経路集合 $\{n_a, n_b, n_e\}$ が第 2 層に割り当てられ、最後に残余経路集合 $\{n_d\}$ が残余経路 n_d の両端の仮想端子が異なる層となるように割り当てられる (この例では、一方の仮想端子 (図 12 中の n_d1 側の仮想端子) が第 1 層に割り当てられ、もう一方の仮想端子 (n_d2 側の仮想端子) が第 2 層に割り当てられるものとする)。

【0070】また、この例では、境界容量の超過は発生しないものとし、割り当て調整手段 25 によって上記の層割り当ては「実行可能」と判定され、当該層割り当ての結果が出力装置 4 から出力される。

【0071】図 12 に、当該出力結果に相当する詳細配線の例を示した。残余経路 n_d に相当する配線にのみビア v が生じていることがわかる。結局、この例では、必要なビア数は残余経路集合の要素数の 1 と同数になる。

【0072】(2) 第 2 の実施の形態

図 13 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式の構成を示すブロック図である。

【0073】図 13 を参照すると、本発明の第 2 の実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式は、図 1 に示した第 1 の実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式に対して、概略配線経路層割り当て処理プログラムを記録した記録媒体 100 を備える点が異なっている。この記録媒体 100 は、磁気ディスク、半導体メモリ、その他の記録媒体であってよい。

【0074】概略配線経路層割り当て処理プログラムは、記録媒体 100 からコンピュータで実現される層割り当て装置 2 (領域抽出手段 21, 経路交差抽出手段 22, 非交差経路集合抽出手段 23, 層割り当て手段 24, および割り当て調整手段 25 を備え、入力装置 1, 経路交差記憶部 31 および経路集合記憶部 32 を有する記憶装置 3, ならびに出力装置 4 を接続している装置) に読み込まれ、当該コンピュータの動作を領域抽出手段 21, 経路交差抽出手段 22, 非交差経路集合抽出手段 23, 層割り当て手段 24, および割り当て調整手段 25 として制御する。概略配線経路層割り当て処理プログラムの制御による領域抽出手段 21, 経路交差抽出手段 22, 非交差経路集合抽出手段 23, 層割り当て手段 2

4、および割り当て調整手段25の動作は、第1の実施の形態における領域抽出手段21、経路交差抽出手段22、非交差経路集合抽出手段23、層割り当て手段24、および割り当て調整手段25の動作と全く同様になるので、その詳しい説明を割愛する。

【0075】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、以下に示すような効果が生じる。

【0076】第1の効果は、2層以上の多層配線に適切に対応できることにある。

【0077】このような効果が生じる理由は、与えられた配線層数に応じて、必要なビア数が少なくなる概略配線経路の層割り当てを行い、詳細配線の容易性を高めることができるためである。特に、3層以上の多層配線においては、層割り当ての自由度が高いので、上記の効果の意義は大きくなる。

【0078】ここで、ビア数削減の具体的な要因としては、以下のa～cに示すものがある。

【0079】a. 非交差経路集合抽出手段によって非交差経路集合が抽出される際に、当該非交差経路集合の要素数を最大化することにより、必要となるビア数を削減することができる。

【0080】b. 層割り当て手段によって、各非交差経路集合がそれぞれ異なる層に割り当てられ、残余経路集合に含まれる各概略配線経路については順次1つのビアしか要しない層割り当てが行われることにより、必要となるビア数を削減することができる。

【0081】c. 層割り当て手段による層割り当ての結果に対する割り当て調整手段による実行可能性の判定において「実行不能」と判定された場合に行われる層割り当ての調整の際に、当該層割り当ての調整1回あたりに必要なビア数が高々1つに抑えられることにより、必要となるビア数を削減することができる。

【0082】第2の効果は、正確なビア数の予測（詳細配線の実行前の段階におけるビア数の予測）に基づいて概略配線経路の詳細配線のための層割り当てを行うことができることにある。

【0083】このような効果が生じる理由は、「非交差経路集合」および「残余経路集合」という考え方を取り入れることにより、概略配線経路の交差によるビア数の予測を配線層数に応じて正確に行うことができるためである。

【0084】なお、上記のような「精度の高いビア数の予測」は、ビア数の削減はもちろん、結果として詳細配線に要する処理時間や処理の手戻りによる処理時間の増大を抑える効果を生むことになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式の構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示す概略配線経路層割り当て方式の処理

を示す流れ図である。

【図3】概略配線格子、端子、仮想端子、概略配線経路、および領域を示す図である。

【図4】図1に示す概略配線経路層割り当て方式における具体的な動作を説明するための図（領域内の概略配線経路の交差を示す図）である。

【図5】図1に示す概略配線経路層割り当て方式における具体的な動作を説明するための図（ビアを用いない詳細配線の一例を示す図）である。

10 【図6】図1に示す概略配線経路層割り当て方式における具体的な動作を説明するための図（ビアを1つ用いた詳細配線の一例を示す図）である。

【図7】図1に示す概略配線経路層割り当て方式における具体的な動作を説明するための図（ビアを2つ用いた詳細配線の一例を示す図）である。

【図8】図1に示す概略配線経路層割り当て方式における具体的な動作を説明するための図（6本の概略配線経路が通過する領域を示す図）である。

20 【図9】図1に示す概略配線経路層割り当て方式における具体的な動作を説明するための図（第1の非交差経路集合を示す図）である。

【図10】図1に示す概略配線経路層割り当て方式における具体的な動作を説明するための図（第2の非交差経路集合を示す図）である。

【図11】図1に示す概略配線経路層割り当て方式における具体的な動作を説明するための図（残余経路集合を示す図）である。

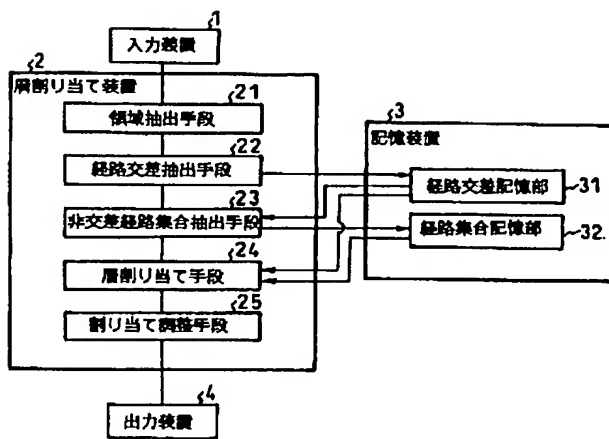
30 【図12】図1に示す概略配線経路層割り当て方式における具体的な動作を説明するための図（層割り当ての結果に対応する詳細配線の具体例を示す図）である。

【図13】本発明の第2の実施の形態に係る概略配線経路層割り当て方式の構成を示すブロック図である。

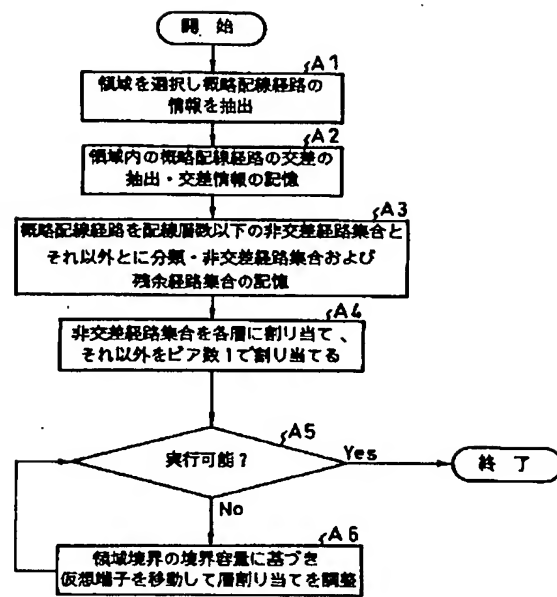
【符号の説明】

- 1 入力装置
- 2 層割り当て装置
- 3 記憶装置
- 4 出力装置
- 5 概略格子
- 6 領域
- 7 概略配線経路
- 8 端子
- 9 仮想端子
- 21 領域抽出手段
- 22 経路交差抽出手段
- 23 非交差経路集合抽出手段
- 24 層割り当て手段
- 25 割り当て調整手段
- 31 経路交差記憶部
- 32 経路集合記憶部
- 100 記録媒体

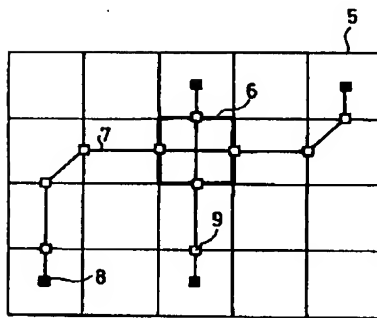
【図1】



【図2】

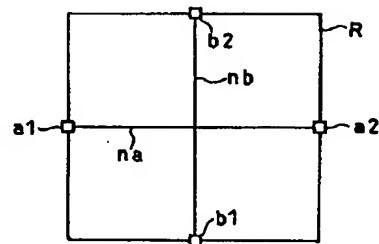


【図3】

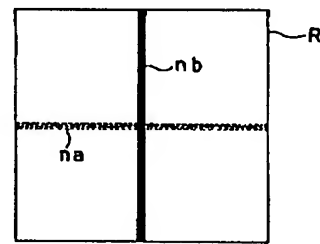


- 5: 概略格子
- 6: 領域
- 7: 概略配線経路
- 8: 端子
- 9: 仮想端子

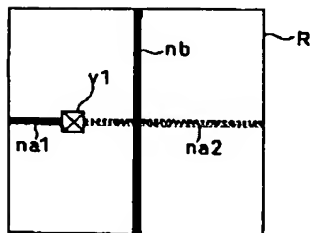
【図4】



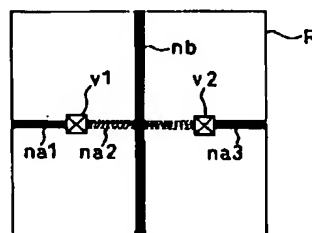
【図5】



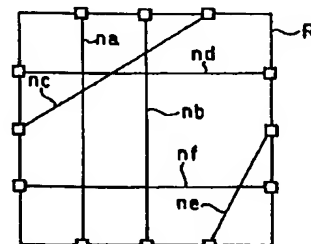
【図6】



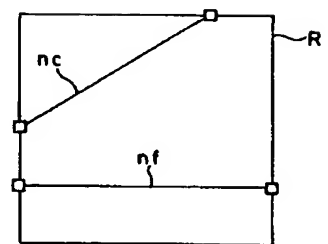
【図7】



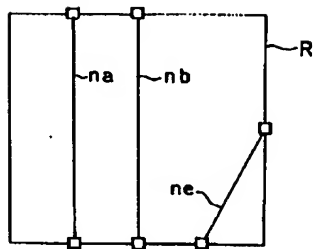
【図8】



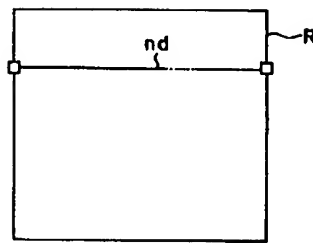
【図9】



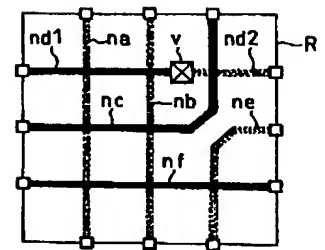
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

